

Ошибки прогнозирования максимально применимой частоты с использованием Международной справочной модели IRI-2016

Абрамян Андрей Сергеевич
Южный федеральный университет
Радио Любовь Петровна, к.ф.-м.н.
lazycat161.lc@gmail.com

Традиционный вид связи на большие расстояния – радиосвязь на декаметровых волнах через ионосферу играет важную роль как средство внутренней и международной, подвижной и производственно-диспетчерской, а также резервной связи. Ионосферный канал связи характеризуется исключительной изменчивостью характеристик, их зависимостью от времени суток, сезона, гелио- и геофизических условий, от протяженности и ориентации трасс. При проектировании средств связи и пеленгации необходимо учитывать искажения, которые вносит среда распространения. Для прогноза ионосферной связи наибольшую известность получила наиболее проработанная и динамично развивающаяся Международная справочная модель ионосферы IRI (International Reference of Ionosphere) [1].

В данной работе приводятся результаты оценки эффективности использования модели ионосферы IRI-2016 для прогноза характеристик ВЧ канала [2]. Модель относится к эмпирическим медианным моделям ионосферы. Проверка осуществлялась сравнением рассчитанных суточных зависимостей наиболее значимой характеристики ВЧ канала – максимальной применимой частоты (МПЧ) с аналогичными экспериментальными зависимостями максимальной наблюдаемой частоты (МНЧ), полученными на среднеширотной трассе наклонного зондирования.

Экспериментальные данные были получены по результатам ЛЧМ-зондирования на среднеширотной трассе Inskip-Rome, протяженность которой составляет 1710 км, азимут 133 градуса, мощность излучения передатчика 100 Вт. Число солнечных пятен за этот год составило $W=20$. Всего было обработано 17 дней, что в свою очередь составляет 5250 ионограмм: 11 дней сентября и 6 дней июня. Значения МНЧ с ионограмм снимались вручную, измерения проводились круглосуточно с интервалом между сеансами зондирования 5 минут. Пример обрабатываемых ионограмм приведен на *рис. 1*. Линия на *рис. 1*, проведенная перпендикулярно оси МНЧ от места двойного лучепреломления, показывает, как снимались показания максимально наблюдаемой частоты с ионограмм.

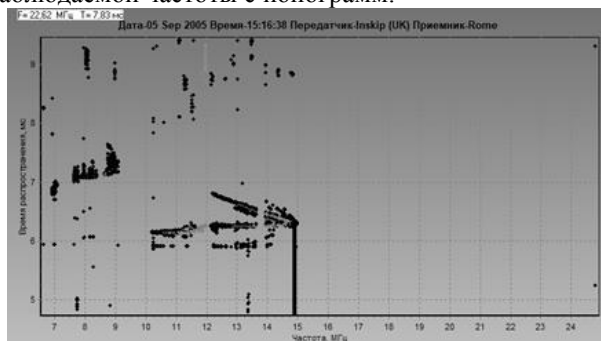


рис.2. Суточный ход 5 сентября 2005 года.



рис.2. Суточный ход 5 сентября 2005 года.

Вариации МНЧ за сентябрь 2005

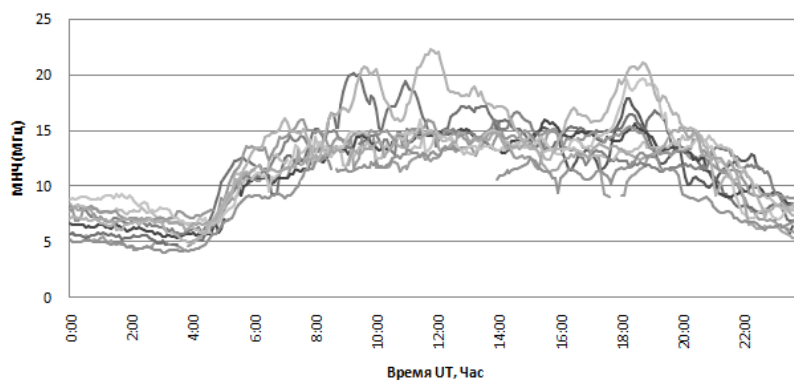


рис.3. Вариации МНЧ ото дня ко дню

Пример полученных суточных зависимостей МНЧ из обработанных ионограмм приведены на рис. 2. На рис.3 представлены все обработанные дни за сентябрь 2005 года, на которых можно увидеть вариации МНЧ ото дня ко дню.

Проверка достоверности прогноза оценивалась по результатам сравнения рассчитанных (прогнозируемых) значений МПЧ с данными наклонного зондирования. Прогноз МПЧ выполнялся с помощью ПО «Трасса» [3, 4]. Ионосфера вдоль трассы задавалась моделью IRI-2016. Суточные сеансы были разбиты на интервалы по 4 часа каждый: 06:00–10:00, 12:00–16:00, 19:00–23:00. Далее для каждого временного интервала вычислялось скользящее среднее значений МНЧ с окном 2 часа и шагом следования 5 минут. Считалось, что таким образом исключались быстрые и медленные флуктуации, а полученные зависимости от времени усредненных МНЧ принимались базовыми для дальнейшей обработки. Под флуктуациями понимались отклонения МНЧ от соответствующих скользящих средних значений вне зависимости от каких-либо геомагнитных или ионосферных критериев [5].

В табл. 1 для каждого временного интервала в течение 17 суток зондирования приведены средние отклонения (СО) измеренных МНЧ от прогнозируемых МПЧ со скользящим средним за 2 часа. Эти данные позволяют оценить отклонение прогноза от наблюдаемых значений МНЧ.

табл. 1

Временной интервал в часах		06:00–10:00	12:00–16:00	19:00–23:00
Среднее значение СО в сентябре 2005 г.	МГц	1,8	1,3	2,1
	%	13	9	22
Среднее значение СО в июне 2005 г.	МГц	1,6	2,2	2,5
	%	13	16	22

Сделаны следующие выводы.

Было обработано около 5250 ионограмм наклонного зондирования, в результате чего были получены суточные зависимости МНЧ для 17 дней. Проведено сопоставление прогнозируемых значений МПЧ с полученными экспериментально МНЧ. Усредненные за 17 суток абсолютные отклонения МПЧ от МНЧ составили 9-22%. Максимальные значения погрешности наблюдались в ночные часы и достигали 22% Минимальные – в полдень 9%.

Автор выражает свою благодарность научно-исследовательскому институту геофизики и вулканологии «Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia» за предоставленный для экспериментов материал.

Список публикаций:

- [1] D. Bilitza, *IRI the International Standard for the Ionosphere*. //Adv. Radio Sci., v16, p.1-11, 2018.
- [2] https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2016_vitmo.php
- [3] Барабашов Б.Г., М.М. Анишин М.М. Программный комплекс прогнозирования траекторных и энергетических характеристик радиоканалов диапазона 2-30 МГц «Трасса» (часть 1). Научно-технический сборник «Техника радиосвязи». Омск. ОАО «ОНИИП» - Выпуск 1 (19). 2013 г., стр. 25-34; (ч.2) – Выпуск 2(20).-2013 г. стр. 13-21.
- [4] B.G. Barabashov, M.M. Anishin, and O.Y. Pelevin (2009), *High-frequency field strength prediction for ionospheric propagation at short- and medium- range radio paths*, Radio Sci., 44, RS0A18, doi:10.1029/2008RS004038.
- [5] Оценка эффективности использования ионосферной модели IRI для оперативного прогноза МПЧ / Б. Г. Барабашов, М. М. Анишин, О. А. Лаврентьев, Л. П. Радио // Техника радиосвязи. 2019. Вып. 3 (42). С. 15–21. DOI 10.33286/2075-8693-2019-42-15-21.

Датчики положения на основе слоистой пьезо-магнитострикционной структуры

Бурцева Дарья Ярославовна

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Петров Роман Валерьевич

burset@yandex.ru

Беспрерывное усовершенствование технологий — основная задача большего числа вовлечённых в науку людей, стремящихся повысить надёжность, безопасность, качество используемых человечеством устройств. С целью повысить характеристики и понизить стоимость конечного продукта исследуются новые компоненты и средства производства. На сегодняшний день датчики занимают одну из важнейших позиций в производстве современных устройств, так как выполняют множество всевозможных задач – будь то измерение температуры, давления, высоты, скорости; фиксирование изменения положения исследуемого объекта в пространстве и времени и многое другое. Значительное количество датчиков используется в системах безопасности. Всё это в свою очередь приводит к тому, что датчики должны предоставлять точную и своевременную информацию для